

南極における人工雲実験

加藤 進*・堤 四郎**

Chemical Release Experiment

Susumu KATO* and Shiro Tsutsumi**

Abstract: Chemical release from rocket will be an interesting experiment to investigate dynamics of the polar ionosphere. It is suggested that the wind motion following magnetic disturbances presents one of interesting unsolved problems, specifically to find the relation between wind and electric current from 120 to 150 km altitude.

1. は じ め に

南極の昭和基地でロケット実験ができるようになったことは大変喜ばしいことである。第一回の南極観測隊派遣から15年になるが、ここまで積み上げて来た実績に対し、関係者の努力を高く評価する次第である。

さて、南極でロケット実験ができるといっても、いくつかの制約があるのは止むを得ない。まず、ロケットの機種に制限がある。IMS においては、S-210, S-310 の二種が考えられている。このロケットの到達高度は、それぞれ140 km, 180 km であり、許される payload は 20 kg, 40 kg である。さらに遠隔地であることから考えると、実験成功の確度の高いものであることが必要である。つまり、内之浦で何度も経験を積んだ実験でなければならない。

以上のことから、人工雲実験では、第一候補が Na 雲実験であると結論できよう。もちろん、これを中心として、総合的に実験を行うものである。Na 雲の動きを光学的に追うことによって、中性大気の運動速度 V が測定できるが、オーロラ帯において V を測定する意義は果してどこにあるのか。この点について以下に説明を試みたい。

2. 中性大気運動速度

ヨーロッパでのオーロラ帯で、何度か風速 V が人工雲法で測られている。図1は地磁気

* 京都大学工学部附属電離層研究施設. Ionosphere Research Laboratory, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto.

** 大阪市立大学工学部. Electrical Engineering Institute, Osaka Municipal University, Sumiyoshi-ku, Osaka.

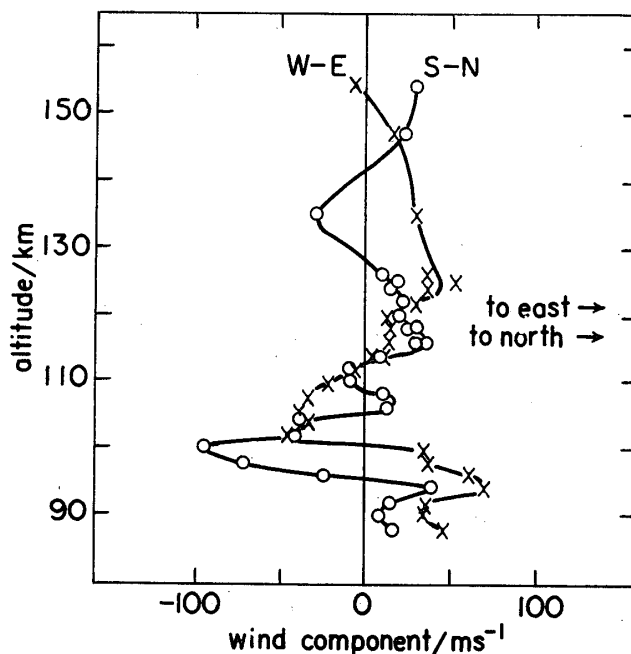


図 1 地磁気活動の静かな時

Fig. 1. S-N and W-E neutral wind components during geomagnetic quiet condition (1 February 1968, 06h42m C.E.T.). After D. REES, 1972.

活動のない代表例を示しているが、一度地磁気活動が始まると、図2(a, b)のように、120–150 km の高度にわたって V の東西成分が大きく変化することが見いだされた。この大きさは、時には 500 m/s にも達する。このことは、磁気圏の奥からかなり大きなエネルギーがオーロラ帯の中性大気に与えられていることを示している。この V は重力波となったり、または、大気大循環のごとき流れとして、より低い緯度にエネルギーを運んでいるらしい。また、途中で上方に向かってエネルギーを運び、粘性のために、熱に変わって F 層を加熱する原因になるかも知れない。そこでこの地磁気活動に伴う V を詳しく調べることは一つの課題になろう。南極でも図2にみられるようなことが起こっているであろうが、観測は未だ行われていない。また、北半球オーロラ帯でも詳しくは分っていない。

なぜ V がそんなに変わるのか、図2(a) は、地磁気の negative bay に伴ったものであり、(b) は主として、positive bay の場合である。negative bay を起こす電流 J は、もちろん西向きであるから、これが地磁気 B_0 と作用してつくる力 ($J \times B_0$) は南向きであるはずである。一方、地球の回転角速度 Ω によって生ずるコリオリカは、大気密度 ρ として $2\rho(\Omega \times V)$ で、これは図2では北向きである(Ω は北半球では上向き成分をもつ)から、この二つの力がつり合っていない。つまり V は、地衝風で生じたものではない。著者の一つ

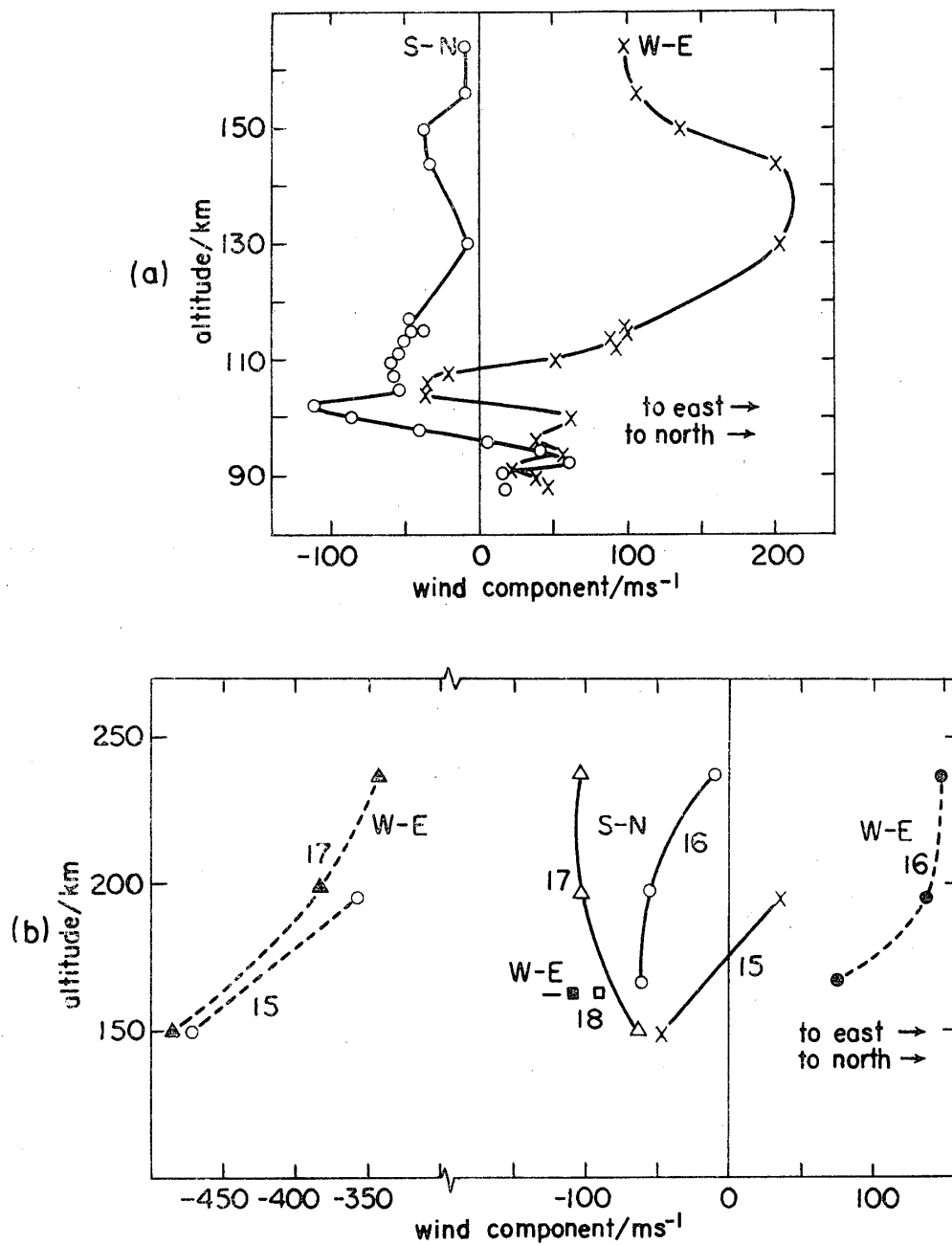


図 2 (a) Negative bay の時

(b) Positive bay の時 (ただし, 16は静かな時で東向き V が得られている)

Fig. 2. S-N and W-E neutral wind components during negative bay (a) (4 February 1968, 06h33 C. E. T.) and positive bay (b) (March 1969: 15, 15 March 18h55m C. E. T.; 16, 16 March 19h05m C. E. T.; 17, 17 March 19h10m C. E. T.; 18, 18 March 19h16m C. E. T.). After D. REES, 1972.

の解釈は次の通りである. negative bay を起こす J は hall current で, これは南向きの電場で流される. しかし, V の大きくなる高度では, J は主として, pedersen current であって, これは電場 E と同じく南向き, 従って $J \times B$ は東向きである. 一方, V は bay の後, 約2時間経った状況であるから, かなり時間的に変動しているもので $|\partial V / \partial t| \gg 2|\Omega \times V|$ が成り立つ. つまり東向きの $(J \times B_0)$ によって V が発生する. 簡単にいうと, イオンの $(E \times B_0)$ -drift の momentum が衝突を通して中性大気に伝わるのである. コリオリカは効かない. 図2(b)についても同様である. これを実際に確かめるには, 少なくとも V と J を同時に測る必要がある. J が高さと共にどう変わっていくかは, 少なくとも二成分用の磁場測定器がロケットに相乗りしている必要がある. また, 電気伝導度を求める必要から, 電子密度も同時に測定しなければならない. もし, 中性大気の温度が分かれば, heating の状況 (圧力変動, joule 熱等が分かる) も推定できる. このためには, 小さな Na 雲をいろいろな高さで release して発するスペクトルの幅を測る必要がある. これも可能であろう.

E を知ることは, この実験においても望ましいが, 人工雲法では Ba, Cs を用いる必要がある, これにはロケットの到達高度が, 200 km 以上であることが望ましい. また, 内之浦でのこの種の実験の経験が, Na の場合と比べて充分とは現在いえそうにない. そこで, これを別の実験として, バルーンによる測定が同じ時に行われることがよいであろう. バルーンの実験時間が長いので, じょう乱が発生したら, ただちにバルーンを上げてはどうか. そして約2時間たってからロケットを打ち上げるということになる.

3. ま と め

以上, まとめてみると, Na 弾, Ne 測定プローブ, 二成分用磁場測定を搭載, S-210 よりむしろ S-310 を用いる. 地上観測点にはカメラ (3点) に加えて, スペクトルグラム (1点) が必要である.

文 献

- REES, D. (1972): Wind and temperature in the auroral zone and their relations to geomagnetic activity. Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A, 271, 563-576.